



ERLANGER STADTWERKE

**Sicherstellung der  
Trinkwasserversorgung durch  
Schaffung zusätzlicher  
Hochbehälterkapazität in der  
Hochdruckzone**

**Variantenprüfung**

Bearbeiter:

Michael Stumpf

Stand:

03.07.2014

1	Derzeitige Situation .....	4
2	Bedarf.....	5
3	Voraussetzungen .....	6
3.1	Höhenlage .....	6
3.1.1	Behälterstandorte oberhalb der bestehenden Höhenlage .....	6
3.1.2	Behälterstandorte unterhalb der erforderlichen Höhenlage.....	8
3.1.3	Zusammenfassung Bewertung Höhenlage .....	8
3.2	Nähe zum Versorgungsgebiet .....	9
3.2.1	Hydraulische Aspekte.....	9
3.2.1.1	Schwankungen der Wasserabgabe .....	9
3.2.1.2	Druckstöße .....	10
3.2.1.3	Hydraulische Reibungsverluste .....	11
3.2.1.4	Auswirkungen auf den Betrieb von Hochbehältern .....	12
3.2.1.5	Zusammenfassung hydraulische Aspekte .....	13
3.2.2	Qualitative Aspekte .....	13
3.2.2.1	Stagnation .....	14
3.2.2.2	Ablösung von Ablagerungen.....	15
3.2.2.3	Zusammenfassung qualitative Aspekte .....	15
3.2.3	Konsequenzen .....	15
4	Kriterien für die Variantenprüfung.....	18
A	Kriterien in Anlehnung an die gesetzlichen Vorgaben einer Umweltverträglichkeitsprüfung entsprechend UVP-Gesetz vom 24. Februar 2010 .....	18
A.1	Merkmale des Vorhabens .....	18
A.2	Standort des Vorhabens.....	20
B	Kriterien für die technische Prüfung.....	23
B.1	Sicherheit und Zuverlässigkeit der Trinkwasserprüfung.....	23
B.2	Integrationsmöglichkeit in das bestehende Verteilungssystem .....	28
B.3	Bauliche Umsetzung .....	29
B.4	Energieeffizienz.....	30
C	Ergebnis der Prüfung .....	33
5	Variantenprüfung.....	34
5.1	Mögliche Varianten - Grundsätzliches .....	34
5.2	Mögliche Varianten – Zusammenfassung der Auswahlkriterien .....	34
5.2.1	Nr. I – Nullvariante.....	34
5.2.2	Nr. II – Erweiterung am Burgberg.....	34
5.2.3	Westvarianten .....	35
5.2.3.1	Nr. III – Variante West 1 .....	35
5.2.3.2	Nr. IV – Variante West 2 .....	36
5.2.3.3	Nr. V – Variante West 3.....	36
5.2.3.4	Nr. VI – Variante West 4.....	36
5.2.3.5	Nr. VII – Variante West 5 .....	37
5.2.4	Ostvarianten.....	37
5.2.4.1	Nr. VIII – Variante Ost 1 .....	38
5.2.4.2	Nr. IX – Variante Ost 2 .....	38
5.2.4.3	Nr. X – Variante Ost 3 .....	38

5.2.5	Nordvarianten.....	39
5.2.5.1	Nr. XI Variante Nord 1 .....	39
5.2.5.2	Nr. XII – Variante Nord 2-1 .....	40
5.2.5.3	Nr. XIII – Variante Nord 2-2 .....	40
5.2.5.4	Nr. XIV – Variante Nord 3.....	40
5.2.5.5	Nr. XV – Variante Nord 4.....	41
5.2.5.6	Nr. XVI – Variante Nord 5.....	41
6	Zusammenfassende Bewertung.....	42
6.1	Vergleich der Varianten .....	42
6.2	Detailvergleich Variante VII und VIII .....	42
7	Wirtschaftliche Prüfung .....	45
8	Fazit .....	46
9	Literaturverzeichnis .....	47
	Anlagen .....	48
Anlage 1	Übersicht Variantenprüfung.....	48
Anlage 2	Übersichtslageplan der Varianten .....	48
Anlage 2.1	Westvarianten .....	48
Anlage 2.2	Ostvarianten.....	48
Anlage 2.3	Nordvarianten.....	48
Anlage 3.1	Darstellung Flächenverbrauch Variante XII-Standort 2 .....	48
Anlage 3.2	Darstellung Flächenverbrauch Variante XIII-Standort 1 .....	48

## 1 Derzeitige Situation

Der in den Jahren 1957 bis 1959 errichtete Trinkwasserhochbehälter der Hochdruckzone (im folgenden HB HDZ) mit einem Speichervolumen von 4.000 m<sup>3</sup> ist für die Trinkwasserversorgung der durch die ESTW versorgten Bürger der Stadt Erlangen von entscheidender Bedeutung. Der aus zwei Kammern bestehende Behälter erzeugt durch seine Höhenlage und dem hieraus resultierenden hydrostatischen Druck einen nahezu konstanten Wasserdruck innerhalb des Verteilungsnetzes der sogenannten Hochdruckzone.

Diese Druckzone umfasst ca. 80 % der durch die ESTW versorgten Einwohner. Neben dem Druckausgleich dient der Hochbehälter dem Ausgleich der auftretenden Verbrauchsschwankungen. Hierbei entspricht der Behälter in seinem Speichervolumen nicht mehr den Anforderungen der einschlägigen maßgeblichen Regelwerke (z. B. DVGW) für die seit Errichtung des Behälters deutlich gewachsene Großstadt Erlangen.

Aufgrund des Alters des Behälters ist kurz- bis mittelfristig mit einem erhöhten baulichen und ausrüstungstechnischen Sanierungsbedarf zu rechnen, wodurch die Verfügbarkeit des ohnehin zu geringen Speichervolumens für die Trinkwasserversorgung weiter stark reduziert werden würde.

Im Fall eines Rohrbruches an der Anschlussleitung des HB HDZ oder bei Außerbetriebnahmen des Behälters aufgrund von anderen schwerwiegenden Störfällen steht kein adäquater Ersatz zur Verfügung. Hierdurch ist die Versorgungssicherheit der Erlanger Bürger mit Trinkwasser extrem gefährdet.

Gemäß DVGW- Regelwerk (/7/) ist bei Planung, Bau und Betrieb von Trinkwasserbehältern die besondere Bedeutung einer zuverlässigen und sicheren Trinkwasserversorgung für die Bevölkerung und die Belange des Handels, der Industrie, der Landwirtschaft sowie des Brandschutzes zu berücksichtigen.

Daher ist die Neuerrichtung eines geeigneten Hochbehälters für die zukünftige Versorgungssicherheit der Stadt Erlangen unumgänglich.

## 2 Bedarf

Das anhand der einschlägigen DVGW-Regelwerke (/7/) ermittelte notwendige Speichervolumen ergibt sich aus der Vorgabe, dass bei großen Wasserversorgungsunternehmen mit einem zukünftigen höchsten Tagesbedarf von mehr als etwa 4.000 m<sup>3</sup> die Anforderungen im Allgemeinen erfüllt sind, wenn – je nach Auslegung der Wasserförderungsanlage – der Nutzinhalt insgesamt zwischen 30 % und 80 % des höchsten Tagesbedarfs des zugeordneten Versorgungsgebietes beträgt.

Die höchste Tagesabgabemenge der ESTW lag im Sommer 2013 bei ca. 37.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser (Verbrauch im Versorgungsgebiet der ESTW zzgl. Lieferung entsprechend vertraglicher Vereinbarungen). Unter Beachtung der speziellen Versorgungsstruktur stellt das von einem unabhängigen Ingenieurbüro im Jahr 2010 ermittelte Volumen von 12.000 m<sup>3</sup> damit eine realistische (/5/) Mindestgröße dar.

Des Weiteren befinden sich derzeit mehrere größere Schutzgebietseingriffe (z. B. Neubau der Schleuse Erlangen) in der Genehmigungsphase, welche in den nächsten Jahren die Betriebsmöglichkeiten der Brunnen deutlich einschränken werden. Um diese Einschränkungen bewältigen zu können, ist eine baldmögliche Erhöhung des vorhandenen Speichervolumens unabdingbar.

Eine Vergrößerung des Speichervolumens ist für den Ausgleich von Spitzenlasten, zur Verringerung von Druckschwankungen, zur Vergleichmäßigung des Betriebes und zur Sicherstellung des Löschwasserbedarfes kurzfristig dringend notwendig.

Durch das zu erwartende weitere Wachstum der Bevölkerungszahl der Stadt Erlangen, dem zu erwartenden häufigeren Auftreten von Extremwetterereignissen und den damit verbundenen erhöhten Spitzenverbrauchszahlen wird die vorbeschriebene Notwendigkeit weiter erhöht.

Die Sicherheit der Wasserversorgung entsprechend den anerkannten Regeln der Technik kann in der momentanen Konstellation nicht mehr sicher gewährleistet werden. Dies gilt insbesondere bei dem zeitgleichen Auftreten von Extremereignissen und Einschränkungen in der Wassergewinnung.

Auf Grund dieser Überlegungen zur Verbesserung der Versorgungssicherheit ist die Erhöhung des Speichervolumens auf mindestens 12.000 m<sup>3</sup> für die Hochdruckzone zwingend notwendig.

## **3 Voraussetzungen**

### **3.1 Höhenlage**

Gemäß der einschlägigen Regelwerke (/8/) liegt der empfohlene Ruhedruck bei Gebäuden mit mehr als vier Geschossen bei ca. 3,5-4 bar. Der max. Systemdruck soll 8 bar nicht überschreiten, da ein zulässiger Gesamtdruck von 10 bar vorgegeben wird, und eine Druckstoßreserve von 2 bar vorzuhalten ist.

Die Druckhöhe des Wasserspiegels des bestehenden HB HDZ bewegt sich, je nach Füllstand des Behälters, zwischen 327 m und 334 m über Normalnull (im Folgenden m.ü.NN), um den optimalen Druck zu gewährleisten. Das Versorgungsnetz ist auf diesen Druck ausgelegt. Eine sinnvolle Erweiterungsmöglichkeit durch einen Neubau muss sich daher an diesem Höhenniveau ausrichten, um einerseits einen ausreichenden Druck für die Versorgung des Gebietes zu gewährleisten und andererseits nicht durch zu hohen Druck Schäden im Netz zu bewirken. Für jeweils 10 m Höhenmehrung des Behälterstandortes ist eine Erhöhung des Druckes auf das Versorgungsnetz von 1 bar anzusetzen.

#### **3.1.1 Behälterstandorte oberhalb der bestehenden Höhenlage**

Bei Behälterstandorten oberhalb der Geländehöhe von 334 m.ü.NN sind zwei Integrationsmöglichkeiten in das Versorgungssystem theoretisch möglich:

- a) Die Auslegung des Versorgungsnetzes innerhalb der Hochdruckzone wird durch technische Maßnahmen auf das im neuen Behälter entsprechende Druckniveau angepasst. Nachfolgend sind die zu schaffenden Voraussetzungen bzw. Auswirkungen zusammengefasst:
  - Eine weitere Nutzung des bestehenden HB HDZ als Hochbehälter ist ausgeschlossen, da dieser als Gegenbehälter im gleichen Netz anschließt und sich der Wasserspiegel nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren an den Wasserspiegel des HB HDZ „neu“ angleicht. Bei einer zu großen Höhendifferenz beider Behälter wäre damit ein ständiges Überlaufen des älteren Behälters vorprogrammiert.
  - Die Erhöhung des Netzdruckes ist nur begrenzt möglich, da sonst die Rohrleitungen des Versorgungsnetzes Schaden nehmen. Generell ist mit einer Erhöhung des Risikos von Rohrbrüchen, Wasserverlusten und somit mit einer Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit zu rechnen.

- Das Wasser aus den Tiefbehältern bzw. Wasserwerken muss unter Einsatz eines erhöhten Energieverbrauchs auf das höhere, nicht benötigte, Druckniveau gehoben werden.
  - Das erhöhte Druckniveau muss spätestens beim Verbraucher reduziert werden, um Schäden an der Hausinstallation zu vermeiden. Hierfür sind kostenintensive Nachrüstungen bzw. Umrüstungen der Hausinstallation (Druckminderer) notwendig.
  - Die bestehenden Pumpwerke und Übergabeschächte (Fremdbezug und Lieferung) müssen an die neuen Druckverhältnisse angepasst werden.
- b) Beibehaltung des bestehenden Netzdruckes durch Installation einer Druckminderungsstation zwischen höherem Behälter und Einspeisung in das Versorgungsnetz:
- Das Wasser aus den Tiefbehältern bzw. Wasserwerken muss unter Einsatz eines erhöhten Energieverbrauchs auf das höhere, nicht benötigte, Druckniveau gehoben werden. Gleichzeitig muss der erhöhte Druck auf dem Weg in das Versorgungsgebiet über Druckminderungsanlagen wieder reduziert werden. Dies ist, trotz eines möglichen Einsatzes von Energierückgewinnungsanlagen mit erheblichem Energieverlust verbunden. Zur technischen Umsetzung der vorgenannten Punkte ist ein zusätzliches Bauwerk in der dem Netzdruck entsprechenden Höhenlage notwendig.
  - Neben der Funktion als Druckminderungsanlage muss dieses Bauwerk in der verbrauchsschwachen Zeit auch die Möglichkeit bieten, den neuen Hochbehälter zu befüllen. Daher müsste in diesem Bauwerk eine Hebeanlage sowie diverse Steuer- und Regeleinrichtungen installiert werden. Da der Ausfall eines dieser Anlagenteile zwangsläufig zu der Unbrauchbarkeit des Hochbehälters führt, müssen alle diese Teile redundant ausgelegt und mittels einer Notstromversorgungsanlage abgesichert werden

Geeignete Flächen, welche oberhalb des erforderlichen Druck-Niveaus gelegen sind, finden sich in erheblicher Entfernung, und bieten mit einer Ausnahme im Hinblick auf Eingriffe in Natur und Landschaft keine Vorteile.

Diese Ausnahme stellt die Variante XIV - Nord 3 (Punkt 5.2.5.4, Standort siehe Anlage 2.3 Nordvarianten) dar. Hier wäre die Verlegung des Hochbehälters auf eine Fläche außerhalb des besonders schützenswerten Bannwald möglich.

Die Höhendifferenz zwischen diesem Standort und der optimalen Höhe beträgt ca. 50 m (entspricht ca. 5 bar). Eine Anpassung des Verteilungsnetzes auf dieses Druck-

niveau ist nicht möglich. Daher wäre entsprechend der vorgenannten Ausführungen ein zusätzliches Bauwerk in Form eines Zwischenbehälters zur Druckminderung erforderlich. Dieses muss wiederum auf der angeführten benötigten Höhenlage errichtet werden, so dass auch dieser Standort im Bannwald gelegen wäre. Durch dieses Bauwerk und die zusätzlich notwendigen Leitungstrassen käme es zu einem nicht unerheblichen Eingriff in den Bannwald.

### **3.1.2 Behälterstandorte unterhalb der erforderlichen Höhenlage**

Bei Behälterstandorten unterhalb des benannten Höhenbereiches sind die nachfolgend dargestellten Nachteile unausweichlich:

- Das gespeicherte Wasser muss verbrauchsabhängig nachgeliefert werden. Dies erfordert die Errichtung einer ausreichend groß dimensionierten Druckerhöhungsanlage incl. Redundanz, Steuerung und Notstromversorgung. Das Wasserversorgungssystem wird somit komplizierter und störanfälliger. Hierdurch wird die Betriebssicherheit deutlich eingeschränkt.
- Für ein komplexes Versorgungsgebiet wie Erlangen muss mindestens ein Hochbehälter zum Ausgleich von Druckschwankungen etc. vorgehalten werden. Eine Druckhaltung im Versorgungsgebiet ausschließlich durch Druckerhöhungsanlagen ist nur für kleinere und einfach strukturierte Versorgungsgebiete mit ausreichender Versorgungssicherheit realisierbar. Somit wird die aktuelle Situation in Bezug auf evtl. notwendige Außerbetriebnahmen oder nicht planbare Störungen des bestehenden HB HDZ wegen altersbedingten Schäden bei Errichtung eines Tiefbehälters nicht verbessert.

Daher stellen diese Standorte aus technischer Sicht keine sinnvolle Alternative dar und wurden nicht weiter betrachtet.

### **3.1.3 Zusammenfassung Bewertung Höhenlage**

Die Errichtung eines Hochbehälters in einer auf die bestehenden Verhältnisse abgestimmten Höhenlage ist für einen sicheren und energiesparenden Betrieb anzustreben.

Aufgrund der unter Punkt 3.1.2 dargestellten Gründe werden im Folgenden Behälterstandorte, die sich deutlich unterhalb der Geländehöhe des bestehenden Hochbehälters befinden, nicht weiter betrachtet. Für Standorte oberhalb dieser Geländehöhe wird entsprechend Punkt 3.1.1 ein Standort betrachtet.



## **3.2 Nähe zum Versorgungsgebiet**

Ein Hochbehälter kann seiner Funktion nur gerecht werden, wenn die Anbindung an das Versorgungsgebiet optimal bemessen wird. Hierbei gilt es hydraulische und qualitative Aspekte zu berücksichtigen, deren Ursachen und Auswirkungen hier dargestellt werden.

### **3.2.1 Hydraulische Aspekte**

#### **3.2.1.1 Schwankungen der Wasserabgabe**

Der Wasserdruck im Verteilungsnetz unterliegt im Tagesverlauf gewissen Schwankungen auf Grund unterschiedlich großer Wasserabnahmen. Diese können z. B. durch einzelne Großabnehmer oder das zeitliche Zusammentreffen gleichen Nutzungsverhaltens vieler Einzelpersonen, wie z. B. stark erhöhter Verbrauch in der Pause einer WM-Fußballübertragung oder Gartengießen nach der Arbeit, entstehen.

Zur Verdeutlichung der Schwankungen der Wasserabgabe innerhalb eines Tages wird im Folgenden exemplarisch der 23.07.2013 betrachtet:

Zwischen 02:00 bis 03:00 Uhr morgens betrug der Wasserverbrauch  $357 \text{ m}^3$ , dagegen wurde im Zeitraum von 07:00 bis 08:00 Uhr  $1.803 \text{ m}^3$  Trinkwasser, also die fünffache Menge im Versorgungsgebiet der ESTW bereitgestellt. In dem nachfolgenden Diagramm ist die Verbrauchsentwicklung am 23.07.2013 bezogen auf Stundenwerte grafisch dargestellt.

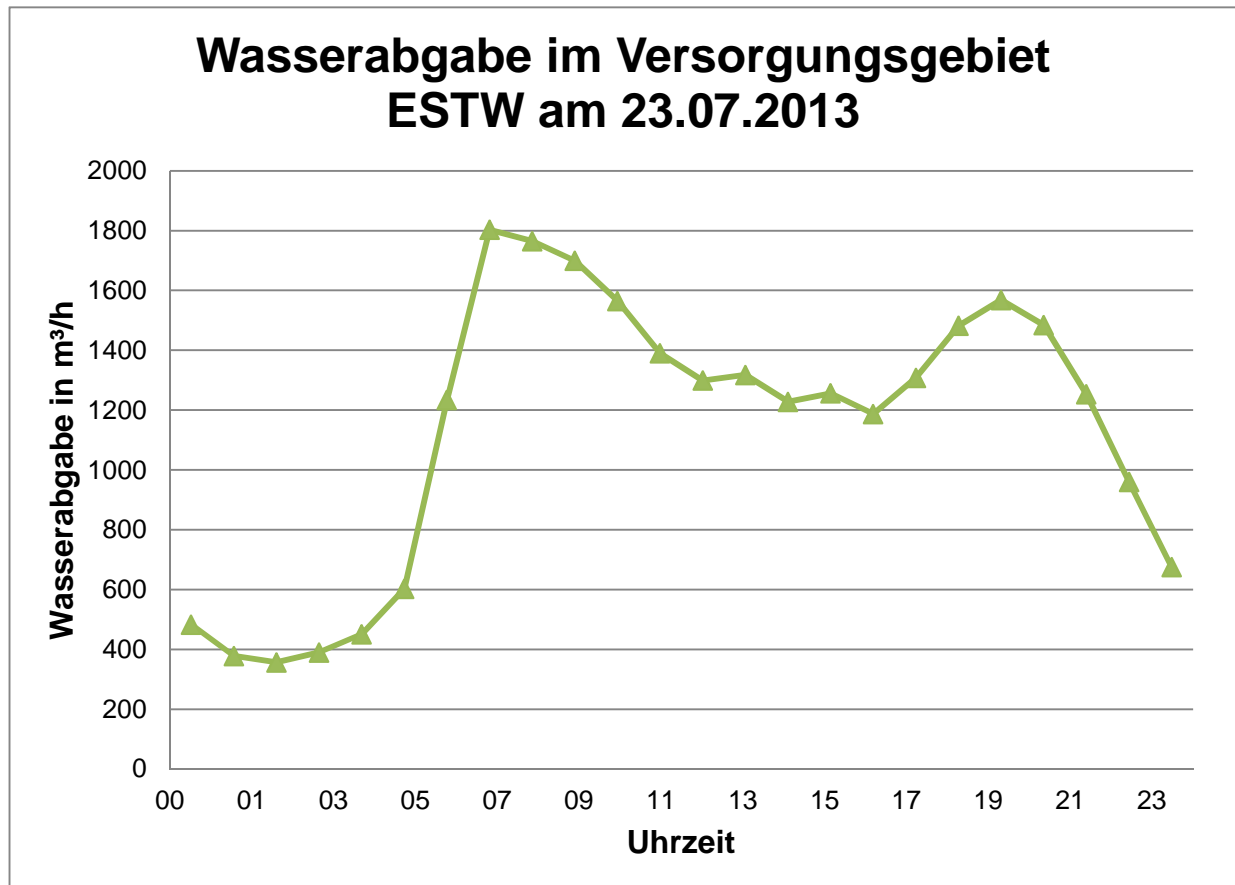


Diagramm 1: Trinkwasserabgabe im Versorgungsgebiet am 23.07.2013

### 3.2.1.2 Druckstöße

Besonders die kurzfristigen Änderungen der Wasserabnahmen (hoher lokaler Wasserverbrauch bzw. schlagartiger Rückgang) im Netz können auf Grund der Trägheit des nachströmenden Wassers zu starken Druckveränderungen führen. Auf Grund der Heftigkeit und des kurzfristigen Auftretens wird dieser Effekt als Druckstoß bezeichnet.

Das plötzliche Schließen einer Absperrarmatur ist ein Sonderfall, an dem hier jedoch beispielhaft der Vorgang erläutert werden soll.

Am Ende einer horizontal liegenden Rohrleitung mit konstantem Innendurchmesser, welche zunächst mit konstantem Druck und konstanter Strömungsgeschwindigkeit aus einem Behälter gespeist wird, schließt plötzlich eine Absperrarmatur.

Die plötzliche Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit führt zu einer Druckerhöhung, die als Joukowsky-Stoß bezeichnet wird.

Infolge der, wenn auch geringen, Kompressibilität der Flüssigkeit und der Aufweitung der Rohrwand entsteht eine geringe Speicherwirkung, so dass nicht die gesamte

Flüssigkeitssäule gleichzeitig verzögert wird. Es kommt zu einer lokalen Erhöhung des Druckes mit einem temporären Maximum im Bereich der Absperrarmatur. Dies hat zur Folge, dass sich die Druckwelle in umgekehrter Richtung wieder ausbreitet.

Wird der Rückstrom durch beispielsweise eine weitere geschlossene Armatur behindert, würde sich dieser Effekt wieder umkehren, und das Wasser aufgrund von Reibungsverlusten mit etwas verminderter Geschwindigkeit wieder als Druckwelle in der entgegengesetzten Richtung bewegen.

Findet keine Behinderung der Druckwelle statt, erfolgt ein freier Auslauf der Druckwelle in den Hochbehälter. Hier wird der Druckunterschied durch Verdrängung von Luft abgebaut.

Je länger die Rohrleitungen, umso mehr wird der dynamische Druckverlauf durch die Rohrreibung beeinflusst. Wenn in dem benannten Beispiel die Strömungsgeschwindigkeit durch Schließen der Armatur gehemmt wird, erhöht sich der Druckanstieg aufgrund der Massenträgheit. Diese zusätzliche Druckerhöhung führt zu einer erhöhten Beanspruchung der Rohrleitung bzw. der Installationen wie beispielsweise Armaturen, Muffen, Verbindungen, und kann hier zu Schäden führen.

Druckstöße können im Extremfall das Mehrfache des normalen Betriebsdruckes betragen. Die hierdurch verursachte außergewöhnlich starke Beanspruchung kann das Verteilungsnetz massiv schädigen. Deshalb ist es für die Erhaltung und Sicherung des Verteilungsnetzes notwendig, dass der druckvorgebende Hochbehälter diese Schwankungen möglichst schnell ausgleichen kann. Dies funktioniert nur, wenn möglichst geringe Druckverluste in der Zuleitung zu dem Behälter entstehen.

### **3.2.1.3 Hydraulische Reibungsverluste**

Neben den kurzzeitig auftretenden Schwankungen des Druckes im Verteilungsnetz kommt es zu länger andauernden Druckschwankungen, welche durch den sogenannten hydraulischen Reibungsverlust verursacht werden. Der hydraulische Reibungsverlust entsteht durch die Reibung des Wassers an der Rohrwand oder an Hindernissen wie z. B. Schieber, Abzweigen etc. Er ist abhängig von der aus der Durchflussmenge resultierenden Fließgeschwindigkeit, dem Rohrlängendurchmesser, der Rohrlängungslänge und der Rauigkeit der Rohrwand. Daher entstehen mit zunehmender Leitungslänge immer größere Druckunterschiede.

Die Abhängigkeit der Druckverluste von dem Rohrlängendurchmesser ist für zwei zu erwartende Durchflüsse in einer neuen Leitung exemplarisch in Tabelle 1 darge-

stellt. Hier wurden Durchflusswerte, welche gemäß betrieblicher Erfahrung üblich sind, angesetzt.

DN Rohrleitung in mm Material GGG	Reibungsverlust in <b>bar pro km</b> Rohrleitungslänge (Rohrreibungsbeiwert $k=0,1 \rightarrow$ <b>neue</b> Leitung)	
	für $Q = 100\text{l/s}$	für $Q = 140\text{l/s}$
500	$0,04 \approx \Delta h = 0,4\text{ m}$	$0,076 \approx \Delta h = 0,76\text{ m}$
600	$0,017 \approx \Delta h = 0,17\text{ m}$	$0,031 \approx \Delta h = 0,31\text{ m}$
700	$0,009 \approx \Delta h = 0,09\text{ m}$	$0,017 \approx \Delta h = 0,17\text{ m}$

Tabelle 1: Reibungsverlust in Abh. von Durchfluss und Rohrleitungsdurchmesser  
(nach Mutschmann und Stimmelmayer 2002)

Die in Tabelle 1 dargestellte Berechnung zeigt, dass eine Erhöhung der Durchflussmenge um 40 % eine Erhöhung des Reibungsverlustes pro km Leitungslänge um bis zu 80 % bewirkt.

### 3.2.1.4 Auswirkungen auf den Betrieb von Hochbehältern

Grundsätzlich stellen sich bei zwei Hochbehältern, welche an das gleiche Versorgungsnetz angeschlossen sind, die Wasserspiegel innerhalb der Behälter entsprechend dem Prinzip der kommunizierenden Röhren ein.

Um die Auswirkungen dieses Prinzips und der in den vorhergehenden Punkten behandelten Auswirkungen praktisch einzuordnen sind folgende Voraussetzungen zu beachten:

- 0,1 bar Druckunterschied entspricht einer Differenz der Wasserspiegel von 1 m und wirkt sich somit genauso aus, wie 1 m Höhenunterschied beider Behälter
- die absolute Nutzhöhe (Höhe zwischen minimalem und maximalem Wasserstand) in einem neu zu errichtenden Hochbehälter beträgt „nur“ 7 m (= 0,7 bar).
- Es ist eine Betriebsreserve für Notfälle von ca. 1 Meter vorzuhalten, so dass von einer betrieblichen Nutzhöhe von 6 Metern (= 0,6 bar) auszugehen ist.

Exemplarisch werden die hieraus resultierenden Auswirkungen dargestellt:

Bei einem Befüllvorgang der Behälter und einem Höhenunterschied von einem Meter (bzw. Druckverlust von 0,1 bar in der Leitung zwischen beiden Behältern) kann der eine Behälter nicht maximal befüllt werden, da der andere Behälter überlaufen würde.

Von der möglichen Füllhöhe bliebe damit der oberste Meter ungenutzt. Dieser Meter Füllhöhe entspricht, ein Behälter mit einem Speichervolumen von 12.000 m<sup>3</sup> und eine betriebliche Nutzhöhe von 6 m vorausgesetzt, einem nicht nutzbaren Speichervolumen von ca. 1.700 m<sup>3</sup> (ca. 17 %).

Bei abnehmenden Behälterständen (Einspeisung der Wasserwerke ins Verteilungsnetz kleiner als der Momentanverbrauch) und somit umgekehrtem Druckgefälle würde sich der vergleichbare Effekt bei Erreichen des minimalen Wasserstandes ergeben. Die sich einstellenden Druckverluste wirken dabei in die entgegengesetzte Richtung wie beim Befüllvorgang. Somit wird sich der eine Behälter nicht bis zum Behälterminimum entleeren können, da der andere Behälter sein Minimum bereits vorher erreicht hätte.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Druckverluste zwischen den Hochbehältern oder unterschiedliche Behälterhöhen sich aufgrund der Doppelfunktion (Befüllung/Entleerung) doppelt auswirken. Bei einem Druckverlust von  $\Delta p_{\text{Verlust}} = 0,1$  bar verliert man je Befüllung und Entleerung jeweils einen Meter der eigentlich nutzbaren Füllhöhe. Dies entspricht für den geplanten HB HDZ in Summe ca. 3.400 m<sup>3</sup>. Dieses Volumen übersteigt das derzeitige nutzbare Speichervolumen im bestehenden HB HDZ.

### **3.2.1.5 Zusammenfassung hydraulische Aspekte**

Neben der Beachtung der Höhenlage der Behälter sind die Zuleitungen möglichst kurz und ausreichend groß zu dimensionieren. Dies ist notwendig um Reibungsverluste bei starken Änderungen des Verbrauches möglichst weit zu minimieren und somit einen sicheren und effektiven Betrieb der Hochbehälter zu gewährleisten.

Für die richtige Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass diese Berechnung sich ausschließlich auf die neu zu errichtende Zuleitung des Behälters bezieht. Zu dem Ergebnis dieser Berechnung zusätzlich hinzuzurechnende Verluste innerhalb des bestehenden Verteilungssystems bleiben unberücksichtigt.

Um die Reibungsverluste möglichst gering zu halten, ist es sinnvoll, einen neuen Hochbehälter im Bereich des Gebietes mit den größten Abnahmemengen (in Erlangen der östliche bzw. der nordöstliche Teil des Stadtgebietes) anzuschließen.

### **3.2.2 Qualitative Aspekte**

Grundsätzlich ist das Befüllen bzw. Entleeren des Behälters entscheidend von den Verbrauchswerten abhängig. Bei einem vergleichmäßigsten Betrieb der Wasserwerke

wird in Zeiten unterdurchschnittlichen Verbrauches das nicht im Versorgungsnetz benötigte Wasser in den Behälter gefördert und dort gespeichert.

In Zeiten überdurchschnittlichen Verbrauches dagegen ist die alleinige Zuspeisung von Trinkwasser aus den Wasserwerken in das Versorgungsnetz nicht ausreichend. Die Differenz wird dann aus dem Hochbehälter gedeckt. Die Befüllung und Entnahme aus den Hochbehältern erfolgt über eine Anschlussleitung zwischen dem Versorgungsgebiet und dem Hochbehälter, in welcher sich die Fließrichtung des Trinkwassers entsprechend ändert.

### **3.2.2.1 Stagnation**

Bei Phasen eines durchschnittlichen Wasserverbrauchs ist der Wasseraustausch innerhalb der Leitungen zu einem Hochbehälter am geringsten, da die von den Wasserwerken gelieferte Trinkwassermenge in diesem Fall nahezu der Verbrauchsmenge entspricht. Damit findet wenig Austausch innerhalb der Behälter wie auch der Zu-/Ableitung statt, so dass mit stagnierendem (= stehendem) Wasser innerhalb der Leitung zu rechnen ist.

Im Falle einer Stagnation ist mit einer längeren Kontaktzeit zwischen dem Trinkwasser und dem in jedem Trinkwassersystem vorhandenen Ablagerungen zu rechnen. Diese können somit gelöst werden. Dieser Vorgang ist mit den aus der Hausinstallation bekannten qualitativen Beeinträchtigungen des Trinkwassers, z. B. Entstehung von sog. braunem Wasser nach längerer Abwesenheit, zu vergleichen. Zusätzlich erhöht sich bei stagnierendem Wasser die Wahrscheinlichkeit von vermehrtem mikrobiellen Wachstum (Aufkeimung).

Das Wasservolumen innerhalb der Anschlussleitung erhöht sich mit dem Durchmesser und der Länge der Rohrleitung. Um für die notwendige Anschlussleitung eines neuen Hochbehälters realistische Größenordnungen darzustellen, wird in der folgenden Tabelle die Abhängigkeit der vorhandenen Wassermenge vom Rohrlängendurchmesser für eine Leitungslänge von 3 km berechnet.

Durchmesser Rohrleitung in mm (DN)	Volumen in m <sup>3</sup> /3 km
500	570
600	840
700	1.140

Tabelle 2: Volumen in einer Rohrleitung pro 3 km in Abh. des Rohrlängendurchmessers

Da die Leitungsdimensionierung auf die jeweils erforderliche maximale Durchflussmenge ausgelegt sein muss, ist eine Verringerung des Leitungsdurchmessers zur Vermeidung von Stagnationswasser im Sinne der Versorgungssicherheit nicht möglich.

Innerhalb eines Behälters ist die Gefahr der genannten qualitativen Beeinträchtigung gering, da durch technische Installationen in den Kammern eine gute Durchströmung und somit nahezu permanente Wasserbewegung erreicht wird, so dass hier kein Stagnationswasser auftritt. Zusätzlich ist der kritische Kontaktbereich zwischen Wasser und Wandflächen innerhalb eines Trinkwasserbehälters im Vergleich zu einer Rohrleitung verhältnismäßig klein.

### 3.2.2.2 Ablösung von Ablagerungen

Bei plötzlichem Anstieg der Fließgeschwindigkeit innerhalb der Leitung kann z. B. der natürliche Biofilm an der Rohrwand abgelöst werden. Diese Ablösungen sind zwar nicht unbedingt gesundheitsgefährdend, jedoch nach Trinkwasserverordnung zu vermeiden.

### 3.2.2.3 Zusammenfassung qualitative Aspekte

Aus qualitativer Sicht ist bei der Dimensionierung der Anschlussleitung einerseits zur Vermeidung von Stagnationswasser ein möglichst geringer Durchmesser, andererseits zur Verhinderung von Ablösevorgängen bei großen Durchflüssen ein möglichst großer Durchmesser anzustreben. Ein sinnvoller Kompromiss zwischen diesen konträren Zielen ist bei der Dimensionierung der Rohrleitung zu beachten.

### 3.2.3 Konsequenzen

Es ist zusammenfassend festzuhalten, dass aus versorgungstechnischer Sicht eine möglichst kurze und ausreichend groß dimensionierte Anschlussleitung anzustreben ist.

Die unter den Punkten 3.2.1 und 3.2.3 erläuterten Zusammenhänge zwischen Rohrleitungsverlust, dem Leitungsdurchmesser sowie des in der Rohrleitung enthal-

tenen Wasservolumens sind in Abbildung 1 graphisch dargestellt. Es wurde entsprechend der unter Punkt 3.2.1 gemachten Ausführungen ein Rohrleitungsverlust von 0,1 bar als grenzwertig angesetzt.

Im Ergebnis der Betrachtungen der hydraulischen Aspekte kommen für das Versorgungsgebiet folgende Entfernungen mit zugehörigen Durchmessern der Anschlussleitung in Frage:

Bis ca. 1.000 m:	DN 500
Bis ca. 2.000 m:	DN 600
Bis ca. 5.000 m:	DN 700

Längen ab 3 km sind auf Grund der vorgenannten qualitativen Aspekte als kritisch zu betrachten. Bei dieser Länge beläuft sich das in einer Leitung DN700 befindliche Wasservolumen bereits auf über 1.100 m<sup>3</sup>.

Daher wurden größere Dimensionierungen nicht weiter betrachtet.

In nachfolgender Grafik ist der Zusammenhang zwischen dem von der Leitungsdimensionierung abhängigen Druckverlust sowie des darin enthaltenen Wasservolumens dargestellt.

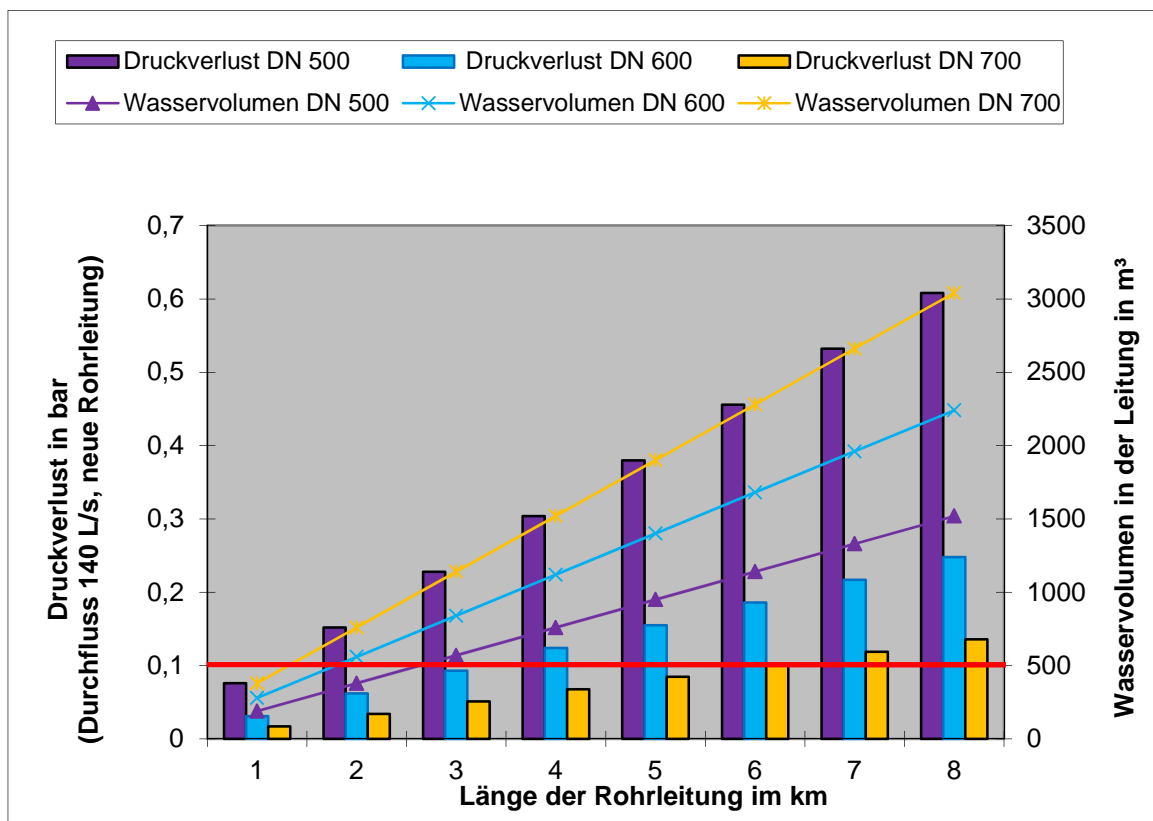


Abbildung 1: Zusammenhang Wasservolumen und Druckverlust von Rohrleitungen unterschiedlichen Durchmessers



Als kritischer Druckverlust wurde, wie beschrieben, ein Wert von 0,1 bar angesetzt. Dieser ist in der Grafik als rote Linie dargestellt.

Aus obiger Grafik wird deutlich, dass bei einer Anschlusslänge von 3 km eine Leitung mit dem Durchmesser von DN 600 vom Druckverlust her gerade noch im unkritischen Bereich liegt, wobei das zugehörige beinhaltete Wasservolumen mit etwa 1.000 m<sup>3</sup> unter qualitativen Aspekten vertretbar wäre.

## **4 Kriterien für die Variantenprüfung**

Die im Rahmen der Variantenprüfung beurteilten Kriterien wurden in der Übersicht der Anlage 1 in zwei Abschnitte (A-Auswirkung auf Schutzgüter und B-technische Eignung) unterteilt. Die Wertung dieser Kriterien wurde im Abschnitt C „Ergebnis der Prüfung“ summarisch zusammengefasst.

In Abschnitt D werden die finanziellen Auswirkungen der jeweiligen Varianten dargestellt. Diese gingen nicht in die Bewertung der Standorteignung ein, da die Wertung der technischen Eignung und die Verträglichkeit mit den entsprechenden Schutzgütern vorrangig betrachtet werden sollten.

Nachfolgend werden die jeweiligen Bewertungsaspekte inklusive der Wichtung erläutert.

Für die Wichtung der einzelnen Punkte wurde je nach Bedeutung bzw. Auswirkung eine vordefinierte Bandbreite an zu vergebenden Bewertungspunkten definiert.

Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um Teilaspekte (wie z. B. Länge der Anschlussleitung) welche sich überproportional auswirken würden, nicht von vorneherein überzubewerten. Hierdurch soll eine unrealistischen Verzerrung des Gesamtbildes und somit eine Vorfestlegung vermieden werden.

### **A Kriterien in Anlehnung an die gesetzlichen Vorgaben einer Umweltverträglichkeitsprüfung entsprechend UVP-Gesetz vom 24. Februar 2010**

Entsprechend dem Titel wurde in diesem Abschnitt auf Kriterien einer Umweltverträglichkeitsprüfung (im Folgenden UVP) eingegangen.

Aspekte welche durch die Errichtung eines Hochbehälters nicht oder lediglich für den überschaubaren Zeitraum der Errichtung betroffen sind (z. B. Baustelleneinrichtung sowie Maschinenbewegungen während der Bauzeit) wurden im Rahmen der langfristigen Betrachtung vernachlässigt.

#### **A 1 Merkmale des Vorhabens**

##### **A 1.1 Größe des Vorhabens (Notwendige Flächeninanspruchnahme)**

Für einen Hochbehälter mit einem Volumen von 12.000 m<sup>3</sup> incl. Schieberkammer sowie notwendiger Infrastruktur wird eine Fläche von 0,5 bis 0,6 ha in Anspruch genommen. Diese Fläche ist einzufrieden und größtenteils dauerhaft baumfrei zu

halten, um Schäden an der Behälterabdichtung oder den Rohrleitungen durch Wurzelldruck zu vermeiden (/7/;9/;10/).

Für den Fall eines übererdeten Behälters kann dieser mit Bodendeckern bepflanzt werden. Die für die Zufahrt zum Behälter benötigte Fläche ist stark von der Lage abhängig und soll im Sinne der Reduzierung der Auswirkungen des Eingriffs, soweit möglich, über bestehende Wege erfolgen.

Im Falle eines über dem Höhenniveau des bestehenden Hochbehälters gelegenen Standortes ist ein zusätzlicher Zwischenbehälter nötig. Genauer wird hierauf im Punkt 5.2.5.4 eingegangen. Der Flächenbedarf für einen solchen Zwischenbehälter beläuft sich auf ca. 0,25 ha.

Im Zuge der Variante „Erweiterung am Burgberg“ (Punkt 5.2.2) wird ein Anbau auf dem bestehenden Betriebsgelände betrachtet. Die hierfür anzunehmende Flächeninanspruchnahme beträgt ca. 0,25 ha.

Für den Standort eines neuen Behälters mit 0,5 ha wurden zwei Negativpunkte angesetzt, für einen Druckminderungsbehälter bzw. Zusatzbauwerk auf dem Betriebsgelände mit 0,25 ha entsprechend ein Negativpunkt.

Für die Rohrleitungstrasse der Zu- bzw. Ableitung ist entsprechend den gängigen Regelwerken (/8/) ein dauerhaft baumfreier Schutzstreifen notwendig. Die Breite dieses Schutzstreifens ist von der Dimensionierung der Rohrleitung abhängig. Es wurde ein Schutzstreifen von 8 m (für Leitungen bis DN600) zu Grunde gelegt.

Da dieser Schutzstreifen nicht eingezäunt werden muss und „nur“ „...von Bewuchs, der die Sicherheit und Wartung der Rohrleitung beeinträchtigt...“ (/8/) freizuhalten ist, wird die Beeinträchtigung geringer als bei der Flächeninanspruchnahme des Behälterstandortes bewertet.

Des Weiteren sollen die Streckenverläufe möglichst in den Verlauf von bestehenden Waldwegen oder Straßen eingebunden werden. Aus diesem Grund wurde die Rohrleitungstrasse mit 1 Negativpunkt pro volle 500 m (= 0,4 ha) gewertet.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-10“</b>
Für die durch einen Behälter in Anspruch genommene Fläche von mind. 0,5 ha	Zwei Negativpunkte
Zwischenbehälter oder zusätzliche Behälterkammer (ca. 0,25 ha)	Ein Negativpunkt
Je voller notwendiger Leitungslänge von 500 m (0,4 ha)	Ein Negativpunkt

**A 2 Standort des Vorhabens**

Die ökologische Empfindlichkeit eines Gebietes, welches durch ein Vorhaben beeinträchtigt wird, ist insbesondere hinsichtlich folgender Nutzungs- und Schutzkriterien unter Berücksichtigung der Kumulierung mit anderen Vorhaben in ihrem gemeinsamen Einwirkungsbereich zu beurteilen.

**A 2.1 Bestehende Nutzung des Gebietes, insbesondere als Fläche für Siedlung und Erholung, für land-, forst- und fischereiwirtschaftliche Nutzungen, für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung (Nutzungskriterien)**

Entsprechend den geltenden Regelwerken, (u. A. /7/) müssen Betriebsgelände von Trinkwasserbehältern gegen den Zutritt von Unbefugten gesichert werden. Hierzu ist eine Umzäunung des Geländes notwendig, wodurch der Zutritt für die Allgemeinheit verwehrt und das Gelände dem Allgemeinnutzen entzogen wird. Die Intensität dieses Verlustes für die Allgemeinheit ist von der bisherigen Nutzung des Geländes abhängig.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-5“</b>
Landwirtschaftliche Nutzung	Zwei Negativpunkte
Erholungsgebiet/Wald	Vier Negativpunkte
Nutzung mit extrem hohen Wert für die Allgemeinheit (z. B. Flächen des öffentlichen Nahverkehrs, Krankenhäuser )	Fünf Negativpunkte

## **A 2.2 Belastbarkeit der Schutzgüter unter besonderer Berücksichtigung folgender Gebiete und von Art und Umfang des ihnen jeweils zugewiesenen Schutzes (Schutzkriterien):**

### **A 2.2.1 Eingriff in Natura-2000-Gebiete nach § 7 Absatz 1 Nummer 8 des Bundesnaturschutzgesetzes**

Natura-2000-Gebiete stellen einen wichtigen Baustein des länderübergreifenden Naturschutzes dar. Ein Eingriff in diesen Lebensraum ist als starke Beeinträchtigung der Natur zu werten. Daher wurde in der Wichtung eine hohe Bandbreite angesetzt.

Nicht nur das Behälterbauwerk an sich, sondern auch die notwendige Zu- und Abflaufleitung stellen auf Grund des erforderlichen Schutzstreifens einen dauerhaften Eingriff dar.

Um der Auswirkung des Eingriffes für die Rohrleitung angemessen Rechnung zu tragen, erfolgte die Ermittlung der Eingriffsschwere analog Pkt. A 1.1 proportional zu der Länge der Rohrleitung. Die Bewertung der Eingriffsschwere erfolgte nur für den Bereich geschützter Gebiete. Um der ökologischen Wichtigkeit dieser Gebiete zusätzlich gerecht zu werden, wurde, anders als unter Pkt. A 1.1, je angefangener und nicht je voller 500 m Leitungstrasse ein Negativpunkt angesetzt.

#### **Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-10“</b>
Bei Standort des Behälterbauwerkes in Natura-2000-Gebiet	Zwei Negativpunkte
je angefangenem 500 m Leitungstrasse im Natura-2000-Gebiet	Ein Negativpunkt

### **A 2.2.2 Eingriff in Biosphärenreservate und Landschaftsschutzgebiete gemäß §§ 25 und 26 des Bundesnaturschutzgesetzes**

Biosphärenreservate sind an den geeigneten Standorten nicht ausgewiesen.

Landschaftsschutzgebiete sind Gebiete „...in denen ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft erforderlich ist.“ (§ 26 BNatSchG). Die Wichtung der Auswirkungen des Eingriffes auf diese Gebiete wurde analog zu den unter A 2.2.1 angewendeten Verfahren durchgeführt, wobei auf Grund der weniger stark ausgeprägten überregionalen Funktion eine geringere Bandbreite der Wertungspunkte angesetzt wurde. Die Bewertung je angefangener und nicht je voller 500 m Leitungstrasse wurde beibehalten.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-5“</b>
Bei Standort des Behälterbauwerkes in einem Biosphärenreservat oder Landschaftsschutzgebiet	Ein Negativpunkt
je angefangenem km Leitungstrasse in einem Biosphärenreservat oder Landschaftsschutzgebiet ein Negativpunkt	Ein Negativpunkt

**A 2.2.3 Eingriff in Wasserschutzgebiete nach § 51 des Wasserhaushaltsgesetzes, Heilquellenschutzgebiete nach § 53 Absatz 4 des Wasserhaushaltsgesetzes, Risikogebiete nach § 73 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes sowie Überschwemmungsgebiete nach § 76 des Wasserhaushaltsgesetzes**

Innerhalb des betrachteten Bereiches befinden sich Wasserschutzgebiete sowie Überschwemmungsgebiete. Diese können von den geplanten Maßnahmen während der Bauzeit betroffen werden.

Bei einigen der Westvarianten kann es für die Erstellung einer Anschlussleitung zu Eingriffen in Wasserschutzgebiete und auch im Überschwemmungsgebiet kommen.

Wasserschutzgebiete stellen den zentralen Baustein in der Sicherstellung der guten Qualität des Grundwassers und somit dem Schutz des Trinkwassers für bestehende und kommende Generationen dar. Bauliche Eingriffe in Wasserschutzgebiete sind entsprechend der jeweiligen Schutzgebietsverordnung Reglementierungen unterworfen, welche im Zuge der Bauausführung beachtet werden müssen.

Bei der Bewertung der Eingriffsschwere ist die Lage im Wasserschutzgebiet mit einzubeziehen. So ist ein Eingriff in die engere Wasserschutzzone II wesentlich sensibler zu betrachten als ein Eingriff in die weitere Wasserschutzzone III. Durch eine Maßnahme können auch beide Zonen betroffen sein. Dieser Sachverhalt wurde bei der Wichtung berücksichtigt.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-4“</b>
Bei Betroffenheit der Zone III eines Wasserschutzgebietes	Ein Negativpunkt
Bei Betroffenheit der Zone II eines Wasserschutzgebietes	Drei Negativpunkte

### A 2.2.4 Veränderung des Landschaftsbildes durch das Bauwerk

Ziel der baulichen Gestaltung ist gemäß DVGW W 400-1 eine möglichst gute Einpassung in das umgebende Gelände. Vorteilhaft hierfür ist die Möglichkeit der Einpassung in ein geneigtes Gelände. Stellt das Bauwerk einen Hochpunkt im Gelände dar, kann zwar durch bauliche Maßnahmen (z. B. Anschüttung) eine Verbesserung der optischen Wahrnehmung erreicht werden, das Bauwerk wird aber immer als Fremdkörper im natürlichen Geländeverlauf wahrgenommen werden. Es entsteht damit ein meist negativ wahrgenommenes optisches Hindernis.

#### Wichtung:

Bandbreite	“0“ bis “-5“
Sehr gute Einpassung in Gelände/ Landschaftsbild möglich, langfristig kaum wahrnehmbare Veränderung des momentanen Zustandes	Null Punkte
Gebäude ragt deutlich über das bestehende Geländeniveau und ist auch auf weite Entfernung wahrnehmbar	Fünf Negativpunkte

Über die Lage von Naturdenkmälern nach § 28, geschützten Landschaftsbestandteilen nach § 29 oder geschützten Biotopen nach § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes kann nach Auskunft des UA Erlangen keine Karte zur Verfügung gestellt werden.

Die Betroffenheit wird jeweils anhand detaillierter einzelner Anfragen geklärt. Somit konnte in diesem frühen Planungsstadium hierzu keine Aussage gemacht werden.

## B Kriterien für die technische Prüfung

### B 1 Sicherheit und Zuverlässigkeit der Trinkwasserprüfung

Grundsätzliche Aufgabe der Trinkwasserversorgung ist es, Trinkwasser zu jeder Tages- und Nachtzeit in guter mikrobiologischer und chemischer Qualität (Trinkwasserverordnung 2012), ausreichender Menge und mit ausreichendem Druck (DIN 2000, Oktober 2010) zur Verfügung zu stellen.

Zur Sicherstellung dieser Anforderungen ist es von höchster Wichtigkeit, innerhalb des Verteilungsnetzes immer einen ausreichenden Wasserdruck zu gewährleisten. Sollte dieser Druck, z. B. auf Grund eines größeren Rohrbruches, auch nur kurzzeitig deutlich sinken, können Verunreinigungen aus dem Umfeld der erdverlegten Trinkwasserleitungen in das System eindringen und im schlimmsten Fall zur Gefährdung

der Gesundheit der Verbraucher führen. Zur Erfüllung der grundsätzlichen Aufgabe der Trinkwasserversorgung sind insbesondere spontan auftretende Spitzenverbräuche, Verbrauchsminima, Einschränkungen im Betrieb der Wasserbereitstellung und außergewöhnliche Ereignisse zu berücksichtigen. Diese Rahmenbedingungen werden in den Kriterien des Abschnitt B betrachtet.

### **B 1.1 Nutzbares zukünftiges Speichervolumen incl. des bestehenden HB HDZ**

Entsprechend der Bedarfsberechnung des Ingenieur Büros BaurConsult (/5/) ist zur Gewährleistung des sicheren Betriebes der derzeitigen Trinkwasserversorgung von Erlangen ein Speichervolumen von mindestens 12.000 m<sup>3</sup> notwendig. Unter B 1.1 werden die Varianten hinsichtlich des erforderlichen Volumens betrachtet.

Bei den Varianten III-XVI wurde die Errichtung eines Behälters mit zwei Kammern zu je 6.000 m<sup>3</sup> Speichervolumen zu Grunde gelegt. Bei diesen Varianten kann der bestehende HB HDZ aus hydraulischen Gründen nur noch bis zu einer maximalen Füllmenge von 3.000 m<sup>3</sup> genutzt werden. Dies ist in der maximalen Füllhöhe eines neuen Behälters von 7 Meter begründet.

Für diese maximale Höhe ursächlich sind statische (wesentlich aufwendigere Bauweise, da der Wasserdruck mit der Füllhöhe linear zunimmt) und hydraulische (Druckschwankungen auf Grund des Schwankungsbereiches der Füllhöhe reduzieren, 1 m Füllhöhe entspricht 0,1 bar) Überlegungen.

#### **Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-10“</b>
pro 500 m <sup>3</sup> Unterschreitung des benötigten Volumens von 12.000m <sup>3</sup>	Ein Negativpunkt

### **B 1.2 Zuverlässigkeit bei Stromausfall oder sonstiger elektrischer Störung**

Bei Ausfall der Stromversorgung muss der Betrieb der Wasserversorgung, entsprechend der vorgenannten Grundaufgabe der Trinkwasserversorgung, weiterhin aufrechterhalten werden.

Die Funktion der wenig energieverbrauchenden Fernleittechnik und Überwachung der Anlage kann durch USV-Anlagen auf Batteriebasis oder kleinere mobile Stromgeneratoren sicher gewährleistet werden. Pumpen können auf Grund der wesentlich höheren Leistungsaufnahme nicht über solche Kleinanlagen betrieben werden. Für



Pumpen müssen stationäre Notstromgeneratoren (incl. ausreichender Treibstoffbevorratung) vorgehalten werden.

Bei Behältern auf einer dem derzeitigen Versorgungsdruck angepassten Standorthöhe kann der Betrieb durch die teilweise bereits mit Notstromaggregaten ausgestatteten Wasserwerke und die den Werken angeschlossenen Pumpstationen aufrechterhalten werden.

Auch bei sonstigen elektrischen Störungen (Kabelbrand, Unterbrechung der Datenübertragung usw.), kann ein Hochbehälter auf einem dem Versorgungsgebiet angepassten Höhenniveau ohne größere Probleme weiterbetrieben werden. Die wenigen zur Herstellung eines stabilen Betriebes eventuell notwendigen Schaltungen und technischen Umstellungen können von einer temporär vor Ort befindlichen Person manuell durchgeführt werden.

Bei einer potentiellen Höhenlage des Behälters oberhalb des Druckniveaus des Versorgungsgebietes kann nur das zu diesem Zeitpunkt gespeicherte Trinkwasser zur Überbrückung zur Verfügung gestellt werden.

Um die Funktion eines höher gelegenen Hochbehälters im Notfall garantieren zu können, müsste zur sicheren Nachspeisung des Behälters eine zusätzliche Druckerhöhungsanlage incl. redundanter Notstromanlage und ausreichender Bevorratung von Treibstoff vorgehalten werden. Es wäre im Notfall eine zusätzliche Schwachstelle vorhanden, deren Versagen (z. B. technischer Defekt) zu deutlichen Einschränkungen in der Versorgungssicherheit führt.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-2“</b>
verfügbar ohne Einschränkungen	Null Punkte
eingeschränkt oder nur mit separater Notstromversorgung verfügbar	zwei Negativpunkte

**B 1.3 Redundanz bei Rohrbruch auf der Anschlussleitung eines Hochbehälterstandortes der Hochdruckzone**

Der derzeit bestehende Hochbehälter der Hochdruckzone ist für diese Zone druckvorgebend und für die weiteren Zonen von zentraler Bedeutung (vgl. Punkt “1 Derzeitige Situation“). Ein adäquater Ersatz besteht nicht. Unabhängig davon, welches Volumen zum Ausgleich der Verbrauchsspitzen zur Verfügung steht, kann

bei einem Defekt der Anschlussleitung zu dem Behälter die Versorgung der Hochdruckzone nicht mehr sicher gewährleistet werden.

Ein derartiger Rohrbruch trat bereits im August 2012 auf und konnte nur auf Grund der relativ kühlen und feuchten Wetterlage und der verbrauchsarmen Ferienzeit ohne Versorgungsunterbrechung behoben werden.

Bei dem Vorhandensein von zwei voneinander unabhängigen Einspeisepunkten erhöht sich neben weiteren Vorteilen für das Versorgungsgebiet die Versorgungssicherheit deutlich.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ oder “5“</b>
Keine Redundanz bei Rohrbruch auf der Anschlussleitung eines Hochbehälters der Hochdruckzone	Null Punkte
Volle Redundanz bei Rohrbruch auf der Anschlussleitung eines Hochbehälters der Hochdruckzone	Fünf Punkte

**B 1.4 Redundanz bei Vollaussfall des bestehenden HB HDZ**

Der bestehende Hochbehälter der Hochdruckzone zeigt altersbedingte Abnutzungserscheinungen. Die Errichtung des Behälters erfolgte, dem Errichtungszeitraum (1957) geschuldet, unter sehr starker Minimierung der benötigten teuren Baumaterialien.

Insbesondere wurden die Wände und Decken mit sehr geringer Betonüberdeckung ausgeführt. Trotz mehrerer Sanierungsmaßnahmen konnten nicht alle Mängel behoben werden. Bereits 2011 sind z. B. Wasserwegsamkeiten durch die Bodenplatte und ein schadhafter Dachaufbau durch einen Fachgutachter (/6/) festgestellt worden.

Soweit möglich wurden kleinere Sanierungsarbeiten im laufenden Betrieb ausgeführt. Die anstehende notwendige Generalsanierung mit der hierfür notwendigen Voll- oder Teilaußerbetriebnahme konnte auf Grund der fehlenden Redundanz bisher nicht durchgeführt werden. Mit weiter fortschreitender Nutzungsdauer wird eine Generalsanierung immer dringlicher. Ohne Errichtung eines weiteren Hochbehälters bedeutet dies, dass mittelfristig eine risikoreiche Generalsanierung im Teilbetrieb nötig wird.

Unabhängig von dem Zustand des bestehenden HB HDZ stellt die fehlende Redundanz bereits bei relativ häufigen Situationen ein massives Problem dar. Diese Situationen können beispielsweise sein:

- Auftreten von mikrobiologischen Auffälligkeiten oder sonstigen Qualitätsbeeinträchtigungen in den beiden Kammern des bestehenden Hochbehälters. Dies tritt auf Grund der immer empfindlicheren Nachweismethoden und möglichen und nicht immer zu vermeidenden Verunreinigungen bei der Probenahme/Auswertung auf. Bei Vorliegen einer solchen Auffälligkeit müsste der Behälter vorsichtshalber außer Betrieb genommen, bzw. eine Desinfektion (Chlorung) eingesetzt werden.
- Durch die Überwachungsanlage gemeldeter Zutritt. Auch bei einem (sporadisch auftretenden) Fehlalarm muss der Behälter zur Vorbeugung möglicher Eingriffe Dritter bis zur Ursachenklärung außer Betrieb genommen werden.

Im Vergleich der Varianten stellt Variante II (Erweiterung des bestehenden Hochbehälters) einen Sonderfall dar, da zwar eine deutliche Steigerung der Redundanz in Bezug auf die Behälterkammern erreicht wird, aber bei Vorfällen am gemeinsamen Bediengebäude oder an der gemeinsamen Anschlussleitung keine Redundanz vorhanden wäre. Es kann somit nur eine Teilredundanz erreicht werden.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“, “3“ oder “5“</b>
Keine Redundanz bei Vorkommnissen am bestehenden HB HDZ	Null Punkte
Teilredundanz (Nur Variante II)	Drei Punkte
Volle Redundanz bei Vorkommnissen am bestehenden HB HDZ	Fünf Punkte

**B 1.5 Gegenseitige Beeinflussung von zwei Hochbehältern in der Hochdruckzone**

Hierbei wird die in Punkt 3.2.1.4 beschriebene gegenseitige hydraulische Beeinflussung der Hochbehälter betrachtet. Diese ist von der Gesamtlänge der Anschlussleitung an das Versorgungsgebiet wie auch von der örtlichen Lage des Behälters abhängig.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “5“</b>
Es existiert eine gute hydraulische Verbindung zwischen den Hochbehältern. Die Wasserstände innerhalb der verschiedenen Behälter gleichen sich selbstständig aus.	Fünf Punkte
Bei größeren Abnahmen kommt es auf Grund hydraulischer Widerstände im Verteilungsnetz und den Zuleitungen zu den Behältern zu merklichen Unterschieden der Wasserspiegelhöhen der Behälter. Diese Unterschiede können zu Überläufen (erhöhte Trinkwasserverluste) der Behälter führen, sind aber insgesamt ohne weitere Steuerung noch vertretbar.	Drei Punkte
Bei größeren Abnahmen kommt es auf Grund erhöhter hydraulischer Widerstände im Verteilungsnetz und den Zuleitungen zu den Behältern zu deutlichen Unterschieden der Wasserspiegelhöhen der Behälter, welche steuerungstechnisch beachtet werden müssen.	Zwei Punkte
Die Verfügbarkeit des zusätzlichen Speichervolumens bedarf einer komplexen steuerungstechnischen Unterstützung und ist ohne diese nicht nutzbar.	Null Punkte

**B 2 Integrationsmöglichkeit in das bestehende Verteilungssystem****B 2.1 Länge der Anschlussleitung (m)**

Entsprechend der unter den Punkten 3.2 erläuterten Zusammenhänge stellt die Länge der Anschlussleitung einen entscheidenden Faktor dar. Diesem wurde auf Basis der folgenden Wichtung Rechnung getragen.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-10“</b>
bis 1.000m Leitungslänge	Null Punkte
je weiteren angefangenen 1.000m	ein Negativpunkt

**B 2.2 Sinnvolle Integration in das bestehende Trinkwasserverteilungsnetz**

Zur Bewertung der Eignung eines potentiellen Standortes eines neuen Hochbehälters ist die Anbindung an das bestehende Versorgungsnetz von entscheidender Bedeutung.

Neben der für den Betrieb notwendigen guten hydraulischen Verbindung zweier Hochbehältern kann durch eine sinnvolle Standortwahl eine weitere Verbesserung der Versorgungssituation der Bürgerinnen und Bürger erreicht werden. Dies äußert sich z. B. in der Verminderung von Druckschwankungen und somit geringerem Verschleiß des Versorgungsnetzes wie auch der Hausinstallationen.

Unter Beachtung der in Erlangen vorhandenen Verbrauchs- und der daraus resultierenden Versorgungsnetzstruktur ist eine Anbindung im Nord-Osten bzw. Osten der Stadt Erlangen (hoher Verbrauch, groß dimensionierte Hauptverteilungsleitung vorhanden) sinnvoll. Bei westlich von Erlangen gelegenen Standorten und der Anbindung an diese Stadtteile müsste die hydraulische Verbindung zwischen den westlichen und den östlichen Stadtteilen ertüchtigt werden.

Hierzu wären größere Baumaßnahmen und somit massive Eingriffe zur Überwindung der natürlichen Barriere Regnitztal, einem Landschaftsschutz- und Überschwemmungsgebiet, notwendig. Da diese Baumaßnahmen selbst in der Bewertung der Eingriffe in Schutzgüter nicht berücksichtigt wurden, werden sie unter diesem Punkt mit bewertet.

### **Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ oder“3“</b>
Gute Anbindung an das Versorgungsnetz. Es entstehen Vorteile für den überwiegenden Anteil der versorgten Einwohner: drei Positivpunkte	Drei Punkte
Schlechte Anbindung an das Versorgungsnetz. Die Vorteile in Bezug auf Versorgungssicherheit, Ausgleich von Druckschwankungen etc. nur für einen kleinen Teil der versorgten Einwohner voll nutzbar. Weitere Baumaßnahmen zur Leitungsverlegungen mit Beeinträchtigungen von weiteren Landschafts- und Wasserschutzgebieten nötig.	Null Punkte

## **B 3 Bauliche Umsetzung**

### **B 3.1 Mögliche Einschränkungen wegen Besonderheiten Baugrund (tektonische Beanspruchungen, Hohlräume, Steinbruch etc.)**

Die Errichtung eines Hochbehälters stellt eine nicht unerhebliche Belastung des Bodenkörpers dar.

Zusätzlich zu dem Gewicht des eigentlichen Baukörpers wird bei einem Behälter mit einem gespeicherten Wasservolumen von 12.000 m<sup>3</sup> eine Auflast von weiteren ca. 12.000 Tonnen auf den Untergrund aufgebracht.

Neben dieser statischen Belastung entsteht durch die wechselnde Wassermenge innerhalb des Behälters auch eine dynamische Belastung des Baugrundes. Aus diesem Grund sollten im Untergrund keine Störungen, Gleitflächen oder größere Hohlräume vorhanden sein.

**Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis“-3“</b>
Keine Besonderheiten des Baugrundes bekannt	Null Punkte
Es sind große Baugrundrisiken vorhanden	Drei Negativpunkte

**B 4 Energieeffizienz**

Aufgrund des hohen Investitionsvolumens und der Vermeidung unnötiger Eingriffe in die Wasserversorgung wird für einen Hochbehälter eine möglichst lange Nutzungsdauer angestrebt. Übliche Nutzungszeiträume von Hochbehältern sind 50 Jahre, es sind aber durchaus längere Zeiträume möglich. Beispielhaft hierfür ist der ehem. Hochbehälter der Niederdruckzone zu nennen, welcher vor der Errichtung eines Ersatzbehälters eine Nutzungsdauer von 110 Jahren erreicht hatte.

Angesichts dieser langen Nutzungsdauer muss der Betrieb eines solchen Bauwerkes von vornherein auf eine möglichst hohe Energieeffizienz ausgelegt werden.

Dies ist besonders wichtig, da letztendlich die Nutzer des Trinkwassers, im vorliegenden Fall die Bürgerinnen und Bürger der Stadt Erlangen, die Betriebskosten für unnötig hohen Energieeinsatz über die gesamte Nutzungsdauer zu tragen haben.

Überlegungen zur Energieeffizienz müssen gerade unter Beachtung der angestrebten Energiewende die sinnvolle Steuerung des Energieverbrauches z. B. durch Nutzung von Überangeboten an Energie berücksichtigen.

Diese Anpassung des Energieverbrauches an das Energiedargebot kann zu einer Schonung der natürlichen Ressourcen beitragen. Gerade hohe Energieverbrauchsspitzen müssen durch die Verwendung von fossilen Energieträgern abgedeckt werden.

Beispiel für eine vermeidbare Energieverbrauchsspitze wäre das im Sommer regelmäßige zeitliche Zusammentreffen von hohem Stromverbrauch für Klimaanlage und zusätzlich temporär hohem Energieverbrauch für die Trinkwasserrförderung zur Deckung der im Laufe eines Tages auftretenden Verbrauchsspitzen. Durch die gezielte Bewirtschaftung größerer Trinkwasserspeicher können solche Effekte reduziert werden.

Grundsätzlich steht jedoch die sichere Versorgung der Bürgerinnen und Bürger im Vordergrund, die Fragen der Energieeffizienz sind diesem Grundanliegen unterzuordnen.

#### **B 4.1 Gezielte Nutzung des vorhandenen Energieangebotes durch erhöhtes Speichervolumen**

Durch die erhöhte Speicherkapazität kann neben den vorrangig wichtigen Aspekten der Versorgungssicherheit die Energie in Zeiten geringeren Stromverbrauchs bzw. höherer Verfügbarkeit gezielt zur Förderung von Trinkwasser genutzt werden. In Zeiten hohen Energieverbrauches wäre eine Nutzung des im Hochbehälter gespeicherten Wassers möglich. Dies ist momentan nur begrenzt möglich, da auf Grund des sehr geringen vorhandenen Speichervolumens selbst bei relativ geringen Wasserverbrauchssteigerungen die Wasserrförderung erhöht werden muss.

Eine Erhöhung des Speichervolumens trägt zu einer Vergleichmäßigung des Betriebes und insbesondere zu einer Reduktion von Verbrauchsspitzen im Strombezug bei. Für die Beurteilung „Gute Flexibilität in der Nutzung von Energieüberangeboten“ wurde die Möglichkeit betrachtet, durch das erhöhte Speichervolumen die Förderung in den energie- und wasserverbrauchsarmen Stunden zur Befüllung des Behälters zu verwenden. Bei den Varianten III-XVI wurde ein Behälter mit 2 Kammern zu je zu 6.000 m<sup>3</sup> zu Grunde gelegt.

#### **Wichtung:**

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “2“</b>
Keine Veränderung zur momentanen Situation	Null Punkte
Im Vergleich zur momentanen Situation bessere Flexibilität	Ein Punkt
Gute Flexibilität in der Nutzung von Energieüberangeboten	Zwei Punkte

## B 4.2 Zusätzlicher Energieverbrauch für den Betrieb der Trinkwasserversorgung

Wie im Punkt „3.2.1 Hydraulische Aspekte“ erläutert, steigt der hydraulische Reibungsverlust unter Anderem proportional zu der Länge der Rohrleitung. Zur Überwindung dieses Widerstandes ist ein erhöhter Energieeinsatz notwendig.

Im Fall eines deutlich oberhalb des benötigten Geländeniveaus gelegenen Behälterstandort ist es entsprechend Punkt „3.1 Höhenlage“ notwendig, das gesamte zu speichernde Trinkwasser über das benötigte Druckniveau hinaus zu heben. Dies verursacht selbst bei Installation einer Turbine zur Energierückgewinnung einen hohen zusätzlichen Energieverbrauch.

Diese beiden Punkte müssen bei der Bewertung der Umweltverträglichkeit berücksichtigt werden.

### Wichtung:

<b>Bandbreite</b>	<b>“0“ bis “-5“</b>
Kein zusätzlicher Energieverbrauch (Leitungslänge unter 1.500 m), Beibehaltung des Druckniveaus im Versorgungsnetz	Null Punkte
Sehr geringer Energieverbrauch (Leitungslänge zw. 1.500 und 3.000 m), Beibehaltung des Druckniveaus im Versorgungsnetz	Ein Negativpunkt
Geringer Energieverbrauch (Leitungslänge zw. 3.000 und 4.500 m), Beibehaltung des Druckniveaus im Versorgungsnetz	Zwei Negativpunkte
Erhöhter Energieverbrauch (Leitungslänge größer 4.500 m), Beibehaltung des Druckniveaus im Versorgungsnetz	Drei Negativpunkte
Hoher Energieverbrauch. Heben des Wassers um über 40 m (4 bar) über das Druckniveau des Versorgungsnetzes nur Variante XIV	Fünf Negativpunkte



## C Ergebnis der Prüfung





Für die abschließende Bewertung der verschiedenen Varianten wurden die jeweils erreichten Punkte aufsummiert.

Innerhalb des Bewertungskomplexes A (Kriterien in Anlehnung an die gesetzlichen Vorgaben einer Umweltverträglichkeitsprüfung entsprechend UVP-Gesetz vom 24. Februar 2010) konnten "0" bis "-40" Punkte erreicht werden.

Innerhalb des Bewertungskomplex B (Kriterium für die technische Prüfung) konnten "-25" bis "+25" Punkte erreicht werden.

Insgesamt sind somit „-65“ bis „+25“ Punkte möglich

In der tabellarischen Auflistung des Variantenvergleiches erfolgte zur Verdeutlichung des Gesamtergebnisses eine farbliche Hervorhebung in Anlehnung an das gängige Ampelschema. Es wurden folgende Wertungsbereiche definiert:

Gesamtpunktezahl	Bedeutung	Farbe
> 10	Verbesserungsgrad überwiegt Eingriffsschwere deutlich	
5 bis 10	Verbesserungsgrad überwiegt Eingriffsschwere	
1 bis 5	Verbesserungsgrad entspricht nahezu Eingriffsschwere	
< 1	Eingriffsschwere überwiegt Verbesserungsgrad	

## **5 Variantenprüfung**

### **5.1 Mögliche Varianten - Grundsätzliches**

Die Auswahl potentiell geeigneter Standorte wurde anhand der geografischen Höhenlage unter Beachtung der Anschlussmöglichkeiten an das bestehende Trinkwasserverteilungsnetz getroffen. Insgesamt wurden 16 potentiell geeignete Standorte ermittelt.

Ein Übersichtslageplan der bewerteten Varianten findet sich in Anlage 2.

Die wesentlichen Merkmale der verschiedenen Varianten werden im Folgenden kurz dargestellt.

### **5.2 Mögliche Varianten – Zusammenfassung der Auswahlkriterien**

#### **5.2.1 Nr. I – Nullvariante**

Diese Variante beurteilt die Auswirkungen falls keine Erweiterung der Speicherkapazität und damit keine Veränderung der momentanen Situation erfolgt. Es treten demzufolge keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt auf. Die Sicherheit der Trinkwasserversorgung kann bei dieser Variante auf Dauer nicht gewährleistet werden.

#### **5.2.2 Nr. II – Erweiterung am Burgberg**

Eine Erweiterung um 2.100 m<sup>3</sup> wäre am Standort des bestehenden Hochbehälters möglich. Somit könnte ein Gesamt-Volumen unter Berücksichtigung des bereits vorhandenen Hochbehälters von 6.100 m<sup>3</sup> erreicht werden. Dieses unterschreitet deutlich das fachgutachterlich (/5/) festgestellte notwendige Speichervolumen. Im Hinblick auf eine dauerhafte Sicherung der Trinkwasserversorgung stellt diese Variante bei hohem Aufwand zwar eine geringe Verbesserung des momentanen Zustandes, aber keine Lösung der grundsätzlichen Problematik dar.

Um den bestehenden Hochbehälter sinnvoll nutzen zu können, müsste die nutzbare Füllhöhe des zweiten Behälters identisch sein. Hierdurch wird, analog zum Bestandsgebäude, ein Bauwerk mit einer Höhe von wenigstens 8 m über Gelände nötig.

Es bestehen folgende Einschränkungen:

- Der Baugrund am Bestandsstandort wird von nur z. T. auskartierten Hohlräumen (Bierkellersystem im Burgberg) unterlagert. Dies könnte im Hinblick auf die Errichtung wie auch die spätere Standsicherheit erhebliche Schwierigkeiten bereiten.
- Es existiert keine zweite Einspeisemöglichkeit und somit keine zusätzliche Sicherheit im Fall von Schadensereignissen auf der Hauptleitung bzw. an einem gemeinsam genutzten Bediengebäude.

### **5.2.3 Westvarianten**

Alle westlich des Stadtgebietes Erlangen gelegenen Standorte weisen folgende Nachteile auf:

- Erhebliche Längen der Anschlussleitungen zwischen 3 km bis zu über 8 km
- Anschluss derzeit nur auf den westlichen Teil des Versorgungsgebietes möglich. Der Nutzen für das wesentlich verbrauchsintensivere Versorgungsgebiet Erlangen Ost bzw. Nordost ist wegen der zusätzlichen Entfernung und der schlechten leitungstechnischen Verbindung nur gering. Des Weiteren müsste der Regnitzgrund als Landschafts- und Überschwemmungsgebiet mit Rohrleitungen gequert werden, um einen sinnvollen Anschluss auf das östliche Versorgungsgebiet zu ermöglichen.

#### **5.2.3.1 Nr. III – Variante West 1**

Ansatzhöhe: 331 m.ü.NN

Lage: Markwald südlich Roter Marter

Anschluss: Länge ca. 8,2 Kilometer bis Leitungen vor Regnitzgrund

Einpassung Gelände: Behälter übererdet

Besonderheiten: Leitungstrasse durch Markwald (Biotopverbund „Natura 2000“)

Behälter und Leitungstrasse in Bannwald

Querung Kanal notwendig

Querung Wasserschutzgebiet Zone II und Zone III nötig

Querung Überschwemmungsgebiet der Regnitz nötig

#### **5.2.3.2 Nr. IV – Variante West 2**

Ansatzhöhe:	331 m.ü.NN
Lage:	Im Wald zwischen Beutelsdorf und Obermembach
Anschluss:	Länge ca. 6,1 km bis Leitung am Kanal Büchenbach
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Leitungstrasse auf weiten Strecken im Landschaftsschutzgebiet Dillberg-Heinrichsberg. Behälter und Leitungstrasse in Bannwald Querung Bundesautobahn A3 notwendig

#### **5.2.3.3 Nr. V – Variante West 3**

Ansatzhöhe:	335 m.ü.NN
Lage:	Im Wald zwischen Kosbach und Untermembach
Anschluss:	Länge ca. 3,7 km bis Leitung bei der Kanalunterführung Membacher Weg
Einpassung Gelände:	Behälter könnte zum Großteil unterirdisch errichtet werden
Besonderheiten:	Leitungstrasse durch Landschaftsschutzgebiet Mönau Querung Bundesautobahn A3 notwendig

#### **5.2.3.4 Nr. VI – Variante West 4**

Ansatzhöhe:	331 m.ü.NN
Lage:	westlich Burgstall
Anschluss:	Länge ca. 6 km bis Pumpwerk Steudach
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Sowohl die Einspeisung des Fremdwasserbezuges durch WFW als auch die Einspeisung des neu zu bauenden Behälters erfolgen über das Pumpwerk Steudach. Bei gleichzeitiger Spitzenwassereinspeisung ist dies problematisch. Querung Bundesautobahn A3 notwendig

### 5.2.3.5 Nr. VII – Variante West 5

Ansatzhöhe:	331 m.ü.NN
Lage:	Nordöstlich Obermichelbach
Anschluss:	1,1 km Neubau zzgl. Nutzung der 5,3 km langen Bestandsleitung vom Behälter Hüttendorf bis PW Steudach, welche im Eigentum der WFW ist
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Sowohl die Einspeisung des Fremdwasserbezuges von der WFW als auch die Einspeisung des Behälters erfolgen unter Nutzung der im Eigentum der WFW befindlichen bestehenden Leitung des HB Hüttendorf. Die unter Variante VI beschriebenen Probleme bei gleichzeitiger Spitzenwasserlieferung durch WFW treten daher verstärkt auf.  Querung Bundesautobahn A3 notwendig

### 5.2.4 Ostvarianten

Alle auf Grund der Höhenlage geeigneten Standorte der Ostvarianten befinden sich im Tennenloher Forst östlich von Tennenlohe.

Als Integration in das Trinkwasserverteilungsnetz ist für alle Ostvarianten die Anbindung auf eine bestehende Leitung DN 500 vorgesehen. Diese Leitung ist sehr gut in das Verteilungsnetz der ESTW integriert.

Der Anschluss muss entweder mittels Querung der Äußeren Nürnberger Straße oder südlich davon erfolgen. Eine noch weiter südlich gelegene Anbindung müsste direkt auf eine Leitung DN 600 der N-ergie AG erfolgen, welche beim Übergabeschacht Tennenlohe in das Leitungsnetz der ESTW einspeist. Diese Leitung soll mittelfristig auf Grund altersbedingter Abnutzung nicht mehr verwendet werden und scheidet somit aus den Überlegungen aus.

#### **5.2.4.1 Nr. VIII – Variante Ost 1**

Ansatzhöhe:	227 m.ü.NN
Lage:	Östlich von Tennenlohe
Anschluss:	Länge ca. 650 m
Einpassung Gelände:	Keine Einbindung in den natürlichen Geländeverlauf möglich
Besonderheiten:	Behälterstandort im Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich. Trassenverlauf durch Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich

#### **5.2.4.2 Nr. IX – Variante Ost 2**

Ansatzhöhe:	330 m.ü.NN
Lage:	Östlich von Tennenlohe
Anschluss:	Länge ca. 1,2 km
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Behälterstandort im Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich Trassenverlauf durch Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich Im Gebiet eines ehemaligen Steinbruchs, daher ist mit schwierigen Untergrundverhältnissen zu rechnen

#### **5.2.4.3 Nr. X – Variante Ost 3**

Ansatzhöhe:	330 m.ü.NN
Lage:	Östlich von Tennenlohe
Anschluss:	Länge ca. 1,7 km
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet

Besonderheiten: Behälterstandort im Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich

Trassenverlauf durch Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich

Im Gebiet eines ehemaligen Steinbruchs, daher ist mit schwierigen Untergrundverhältnissen zu rechnen

Innerhalb des besonders intensiv als Naherholungsgebiet genutzten Territoriums der Przewalski-Pferde

### 5.2.5 Nordvarianten

Alle Nordvarianten haben vergleichsweise kurze Anschlussleitungen zu dem Versorgungsgebiet, sowie eine räumliche Nähe zu dem bestehenden HB HDZ und dem Versorgungsgebiet Erlangen Ost. Dadurch sind ein problemloser Parallelbetrieb beider Behälter und eine deutliche Verbesserung der Situation in Bezug auf Druckschwankungen und Versorgungssicherheit für den Großteil der versorgten Einwohner zu erwarten. Bis auf Variante XVI verursachen alle Nordvarianten entweder direkt durch den Standort oder zumindest durch einen Teil der Leitungstrasse Eingriffe in den besonders schützenswerten Bannwald.

#### 5.2.5.1 Nr. XI Variante Nord 1

Ansatzhöhe: 331 m.ü.NN

Lage: westlich Rathsberg

Anschluss: Länge ca. 1,9 km

Einpassung Gelände: Behälter übererdet

Besonderheiten: Behälterstandort im Landschaftsschutzgebiet

Trassenverlauf durch Landschaftsschutzgebiet, kaum Einbindung in bestehendes Straßennetz möglich

Behälter und Leitungstrasse in Bannwald

#### **5.2.5.2 Nr. XII – Variante Nord 2-1**

Ansatzhöhe:	331 m.ü.NN
Lage:	nördlich Wohnstift Rathsberg
Anschluss:	Länge ca. 1,3 km
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Behälterstandort im Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich Behälter und Leitungstrasse in Bannwald Trassenverlauf zum großen Teil in bestehender Straße möglich

#### **5.2.5.3 Nr. XIII – Variante Nord 2-2**

Ansatzhöhe:	331 m.ü.NN
Lage:	nordöstlich Wohnstift Rathsberg
Anschluss:	Länge ca. 1,3 km
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Behälterstandort im Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich Behälter und Leitungstrasse in Bannwald Trassenverlauf zum großen Teil in bestehender Straße möglich

#### **5.2.5.4 Nr. XIV – Variante Nord 3**

Ansatzhöhe:	384 m.ü.NN
Lage:	südöstlich Rathsberg, nördlich Bannwaldgrenze
Anschluss:	Länge ca. 1,6 km
Einpassung Gelände:	frei wählbar
Besonderheiten:	Ansatzhöhe um ca. 50 m (= 5 bar) zu hoch (vgl. 3.1 Höhenlage)



Energieverbrauch von mindestens 110.000 kWh/a zusätzlich (ohne Beachtung Rückgewinnung)

Pumpwerk und Druckminderung (kleinerer Behälter ca. 2-mal 200 m<sup>3</sup> vgl. Punkt 3.1.1) im Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich nötig. Hierfür wiederum mindestens 0,28 ha zzgl. Zuwegung und Rohrleitungs-trasse nötig.

Trassenverlauf durch Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich, zum Teil in bestehender Straße möglich  
Leitungstrasse in Bannwald

#### **5.2.5.5 Nr. XV – Variante Nord 4**

Ansatzhöhe:	331 m.ü.NN
Lage:	nordöstlich Waldschießhaus
Anschluss:	Länge ca. 1,8 km
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Behälterstandort im Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich Trassenverlauf durch Landschaftsschutzgebiet und Naherholungsbereich, zum Teil in bestehenden Wegesystem möglich Behälter und Leitungstrasse in Bannwald

#### **5.2.5.6 Nr. XVI – Variante Nord 5**

Ansatzhöhe:	331 m.ü.NN
Lage:	westlich von Spardorf
Anschluss:	Länge ca. 2,6 km
Einpassung Gelände:	Behälter übererdet
Besonderheiten:	Anschlussleitung größtenteils im Landschaftsschutzgebiet, teilweise in bestehender Straße möglich Leitungstrasse in Bannwald bzw. Bannwaldgrenze

## **6 Zusammenfassende Bewertung**

### **6.1 Vergleich der Varianten**

Für alle angeführte Westvarianten (Variantennummer III bis VII) wird bei massiven Einschnitten in die Natur nur eine marginale Verbesserung der Versorgungssicherheit für einen kleinen Teil des Versorgungsgebietes erreicht. Die Westvarianten werden deshalb als nicht zielführend bewertet.

Die Ostvarianten (Variantennummer VIII bis X) stellen technisch vertretbare Varianten dar, greifen aber deutlich in das Naturschutzgebiet und Naherholungsgebiet Tennenloher Forst ein.

Die Nordvarianten XI, XII, XIII und XVI, stellen aus technischer Sicht sinnvolle Standorte dar, wobei die Varianten XII und XIII unter Beachtung aller Aspekte als beste Lösungen zu betrachten sind.

Bei beiden Standorten besteht die Möglichkeit die Leitung weitgehend in den bestehenden Straßenverlauf zu integrieren. Somit sind diese mit den deutlich geringsten dauerhaften Einschnitten in den Bannwald verbunden. Die Varianten XI und XV befinden sich ebenfalls im Meilwald sowie im Naherholungsgebiet und erfordern eine deutlich längere mit dauerhaften Einschnitten in die Natur verbundene Rohrleitungstrasse durch den Bannwald als die Varianten XII und XIII.

Variante XVI benötigt von allen Nordvarianten die längste Zuleitungslänge, was zu den unter Punkt 3.2.3 beschriebenen Konsequenzen bzgl. Druckschwankungen und Problemen beim Druckausgleich zwischen den Behältern führen kann.

Die Nord-Varianten XII und XIII stellten nach der durchgeführten Bewertung die geeignetsten Lösungen dar. Aus den Ergebnissen des Variantenvergleichs zeigten sich beide Standorte gleich geeignet. Daher sollten in einem nächsten Schritt beide Varianten nochmals detailliert hinsichtlich ihrer Eingriffsschwere bewertet werden.

### **6.2 Detailvergleich Variante XII und XIII**

Zur Bewertung der Eingriffsschwere wurde das Fachbüro „Planungsgruppe Landschaft“ mit einer vergleichenden Standortbewertung, welche sowohl Umweltbelange als auch verschiedene Nutzungsansprüche berücksichtigt, dieser beiden potentiellen Standorte beauftragt.

Im Vorfeld dieser Bewertung wurde durch das Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie eine spezielle artenschutzrechtlichen Prüfung (/3/ und /4/) sowie ein resultierender faunistischer Standortvergleich (/2/) erstellt. In diesem unter Aspekten des Artenschutzes erstellten Vergleich wurde der westliche Standort (Variante XII) favorisiert. Die geringen Beeinträchtigungen der Natur an diesem Standort können ohne Probleme kompensiert werden, CEF-Maßnahmen sind bei diesem Standort nicht notwendig (/2/).

Für die beiden Standorte wurde auf Basis der Studie des Ingenieurbüro BaurConsult (/5/) eine grobe Abschätzung des Flächenverbrauches vorgenommen. Die hierin ermittelten Flächen sind in Tabelle 3 angeführt und in den Anlagen 3.1 und 3.2 dargestellt.

	Variante XII (West)	Variante XIII (Ost)
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
Dauerhaft freizuhaltende Fläche	5.900	5.100
hiervon sichtbar bebaute Fläche (Weg, Bedingebäude)	680	320
mit Bodendeckern/Wiese bepflanzte Fläche	5.220	4.780
Temporär zu rodende Fläche	1.500	1.700

Tabelle 3: Vergleich Flächenverbrauch Standort XII und XIII

Die für die Errichtung des Bauwerkes temporär freizuhaltende Fläche soll unmittelbar im Anschluss an die Maßnahme durch eine Aufforstung langfristig wieder in den ursprünglichen Zustand zurückversetzt werden. Alle nicht unmittelbar für das Gebäude bzw. in baulich befestigter Form benötigten Flächen (z. B. Zuwegung) sollen durch Bodendecker oder Wiese bepflanzt werden. Ziel ist es Kleintieren und Insekten eine Ansiedlungsmöglichkeit zu bieten und hierdurch die Eingriffe in das Ökosystem an diesem Standort abzumildern. Zusätzlich zur Minimierung des Eingriffes vor Ort sind entsprechend der gültigen gesetzlichen Regelungen Ersatzpflanzungen im Anschluss an den Bannwald geplant. Um den räumlichen Zusammenhang zwischen Eingriff und Ausgleich zu wahren, sollen diese im Bereich Atzelsberg erfolgen.

Die erhöhte sichtbar bebaute Fläche der Variante XII resultiert aus der Umverlegung eines bestehenden Waldweges. Die hierfür benötigte Fläche kann durch Aufforstung von Teilstrecken des nicht mehr benötigten bisherigen Verlaufes des Forstweges ausgeglichen werden. Dieser Ausgleich darf aber aus waldrechtlicher Sicht, ein baumfreier Waldweg ist trotzdem Bestandteil des Walds, nicht angesetzt werden und soll nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

In einer Gesamtbetrachtung der Standorte wurde durch die „Planungsgruppe Landschaft“ eine Gegenüberstellung der Auswirkungen auf alle relevanten Nutzungskriterien und Schutzgüter erstellt (/1/). Demnach stellt die Variante XII (Standort West) gegenüber der Variante XIII (Standort Ost) einen geringeren Eingriff dar und ist somit zu bevorzugen.

Die günstigeren Verhältnisse der Variante XII (West) liegen gemäß /1/ im Besonderen im Anschluss an die bereits vorhandene Bebauung (Wohnstift Rathsberg, Waldkrankenhaus St. Marien), daher ist eine Erschließung des Geländes mit geringeren Eingriffen in den vorhandenen Geländeverlauf und geringere Beeinträchtigung der Naherholungsstruktur (z. B. Wanderwege) verbunden.

## 7 Wirtschaftliche Prüfung

Die wirtschaftlichen Aspekte wurden bewusst nicht in die Bewertung mit aufgenommen, um eine möglichst objektive Betrachtung der Auswirkungen auf die Umwelt sowie der technischen Aspekte zu ermöglichen.

Sie wurden allerdings ebenfalls der Vollständigkeit halber im Vorfeld ermittelt, da auch die Wirtschaftlichkeit einer solchen Maßnahme in die Planung mit eingehen muss, da derartige Kosten in Form von Verbesserungsbeiträgen oder auch über den Wasserpreis auf die versorgten Einwohner umzulegen ist.

Die Bauwerkskosten für den Hochbehälter wurden auf Basis der Kostenschätzung einer Studie des Ing.-Büros BaurConsult aus dem Jahr 2010 geschätzt. Es wurde ein größtenteils übererdeter Behälter in Hanglage zu Grunde gelegt.

Als Bauart wurde ein rechteckiger zweikammeriger Behälter mit einem Volumen von 12.000 m<sup>3</sup> betrachtet. Spezielle, auf Grund der örtlichen Gegebenheiten notwendige, Maßnahmen (z. B. Baugrundertüchtigungen) wurden nicht beachtet.

Die Kosten für den bei Variante XIV notwendigen Zwischenbehälter wurden überschlägig geschätzt.

Die Kosten für die Errichtung der Anschlussleitung des Hochbehälters wurden unabhängig von den anzutreffenden Baugrundverhältnissen entsprechend den 2010 bei den ESTW ermittelten Erfahrungswerten von 800,- € pro Meter im unversiegelten Bereich und 1.000,- € im versiegelten Bereich angesetzt.

Da die Kostenschätzung bereits vor 4 Jahren erstellt wurde, wurde zur Ermittlung aktueller realistischer Preise eine Baukostensteigerung um 2,66 % pro Jahr angesetzt.

Sonderbauwerke (z. B. Düker) und Rodungsmaßnahmen wurden nicht berücksichtigt. Die Leitungslängen wurden überschlägig ermittelt.

Es handelt sich hierdurch bei den angegebenen Kosten um Richtkosten, welche bei Festlegung auf einen konkreten Standort noch detaillierter ermittelt werden müssen.

## 8 Fazit

Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Stadt Erlangen ist ein zusätzlicher Hochbehälter mit Anschluss an die Hochdruckzone **dringend** erforderlich.

Unter Abwägung aller Aspekte des Naturschutzes, zu berücksichtigender konkurrierender Nutzungsansprüche und der technischen Sinnhaftigkeit ist der Standort nördlich des Wohnstift Rathsberg, Variante XII (Nord 2-1), als am besten geeignet anzusehen und mit den geringsten negativen Auswirkungen verbunden.

Die zu erwartenden negativen Auswirkungen bzgl. Naturschutzkriterien können gemäß fachgutachterlicher Beurteilung durch geeignete Maßnahmen ausgeglichen werden.

## 9 Literaturverzeichnis

- /1/: Planungsgruppe Landschaft:  
Errichtung eines Hochbehälters; Stadt Erlangen; Vergleichende Standortbewertung  
(Nürnberg, Mai 2013).
- /2/: IVL, Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie:  
Technische Faunistischer Grundlagenbericht für zwei optionale Standorte für einen geplanten Wasserhochbehälter am Rathsberg (Stadt Erlangen)  
(Hemhofen, August 2013).
- /3/: IVL, Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie:  
Naturschutzfachliche Angaben zur speziellen artenschutzrechtlichen Prüfung (saP) zum geplanten Neubauvorhaben eines Wasserhochbehälters am Rathsberg (Stadt Erlangen): Optionaler Standort OST (= Standort 1)  
(Hemhofen, August 2013).
- /4/: IVL, Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie:  
Naturschutzfachliche Angaben zur speziellen artenschutzrechtlichen Prüfung (saP) zum geplanten Neubauvorhaben eines Wasserhochbehälters am Rathsberg (Stadt Erlangen): Optionaler Standort West (= Standort 2)  
(Hemhofen, August 2013).
- /5/: BaurConsult:  
Wasserversorgung Stadt Erlangen, Sanierung HB Burgberg-HDZ, (Haßfurt, August 2010).
- /6/: BaurConsult:  
Zustandsaufnahme Hochbehälter HDZ Burgberg,  
(Haßfurt, Februar 2011).
- /7/: Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.:  
Wasserspeicherung - Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung.  
Technische Regeln Arbeitsblatt W300  
(Bonn, 2005).
- /8/: Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.:  
Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 1: Planung.  
Technische Regeln Arbeitsblatt W400-1  
(Bonn, 2004).
- /9/: Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.:  
Wasserbehälter Maßnahmen zur Instandhaltung.  
Technische Regeln Arbeitsblatt W312  
(Eschborn, November 1993).
- /10/: Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.:  
Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle.  
Technischer Hinweis- Merkblatt DVGW GW125 (M)  
(Bonn, Februar 2013).

## **Anlagen**

- Anlage 1 Übersicht Variantenprüfung
- Anlage 2 Übersichtslageplan der Varianten
- Anlage 2.1 Westvarianten
- Anlage 2.2 Ostvarianten
- Anlage 2.3 Nordvarianten
- Anlage 3.1 Darstellung Flächenverbrauch Variante XII-Standort 2
- Anlage 3.2 Darstellung Flächenverbrauch Variante XIII-Standort 1